

# Bioakumulasi Timbal pada Pengolahan Air Limbah Baterai oleh *Acinetobacter* sp. IrC2 Menggunakan Biofilter Lekat Diam

## Bioaccumulation of Lead from Battery Manufacturing Waste Water Treatment by *Acinetobacter* sp. IrC2 in Fixed Bed Reactor

NIDA SOPIAH<sup>(1)</sup>, WAHYU IRAWATI<sup>(2)</sup> SUSI SULISTIA<sup>(1)</sup>, DAN DJOKO PRASETYO<sup>(1)</sup>

<sup>1)</sup>Balai Teknologi Pengolahan Air dan Limbah, Teknologi Pengembangan Sumberdaya Alam  
Gedung 820 Geostech, Kawasan Puspiptek Serpong, Tangerang Selatan, Provinsi Banten, 15314  
nidasusetyo@gmail.com

<sup>2)</sup> Program Studi Pendidikan Biologi, Fakultas Ilmu Pendidikan, Universitas Pelita Harapan, Jalan M.H. Thamrin Boulevard 1100, Lippo Karawaci, Tangerang Provinsi Banten, 15811

### ABSTRACT

*Acinetobacter* sp. IrC2 has multi-resistance to heavy metals, such as resistant to copper, cadmium, lead, and zinc. The purpose of this research was to study the characterization of *Acinetobacter* sp. IrC2 in lead bioaccumulation of the battery waste water treated using fixed bed reactor. Efficiency of lead bioaccumulation was determined by measuring the reducing of lead concentration using atomic absorption spectrophotometer. The results of experiment showed that fluctuated of lead bioaccumulation process in wastewater treated by *Acinetobacter* sp. IrC2 was occurred periodically. Efficiency of lead reducing was occurred at the 28<sup>th</sup> hours was 86.5% to 6.31 mg and at the 176<sup>th</sup> hours was less than 0.01 mg/L. The research showed that *Acinetobacter* sp. IrC2 was capable of reducing of lead in the battery waste water treated using fixed bed reactor.

**Keywords:** *Acinetobacter* sp. IrC2, lead, bioaccumulation, Fixed Bed Reactor

### ABSTRAK

*Acinetobacter* sp. IrC2 merupakan bakteri yang memiliki sifat multiresistensi terhadap berbagai logam berat, tembaga, kadmium, timbal dan seng. Penelitian ini dilakukan untuk mempelajari karakterisasi bioakumulasi timbal oleh *Acinetobacter* sp. IrC2 dalam menyisihkan kadar timbal pada air limbah baterai yang diolah menggunakan biofilter lekat diam bermedia sarang tawon. Efisiensi penyisihan kadar timbal ditentukan dengan berkurangnya kadar timbal menggunakan spektrofotometri serapan atom. Hasil penelitian menunjukkan bahwa proses bioakumulasi timbal mengalami fluktuasi secara berkala dalam air limbah yang diolah *Acinetobacter* sp. IrC2. Efisiensi penyisihan kadar timbal pada jam ke-28 adalah sebesar 86,5% (6,31 mg)/L dan pada jam ke-176 kadar timbal dalam air olahan limbah baterai dalam bioreaktor menjadi kurang dari 0,01 mg/L. Dengan demikian maka *Acinetobacter* Sp. IrC2 mampu bertindak sebagai agen bioremediasi dalam menyisihkan kadar timbal dalam air limbah baterai dengan menggunakan biofilter lekat diam

**Kata kunci:** *Acinetobacter* sp. IrC2, timbal, bioakumulasi, biofilter lekat diam

### 1. PENDAHULUAN

*Acinetobacter* sp. IrC2 merupakan bakteri setempat yang diisolasi dari limbah industri di daerah Rungkut, Surabaya. Hasil penelitian yang telah dilakukan sebelumnya menunjukkan bahwa *Acinetobacter* sp. IrC2 memiliki resistensi dan kemampuan akumulasi yang tinggi terhadap tembaga ( $\text{CuSO}_4$ ), Timbal ( $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ ), Kadmium ( $\text{CdSO}_4$ ), seng ( $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ). *Acinetobacter* sp. IrC2 juga dapat tumbuh pada medium yang mengandung 1 mM campuran logam berat  $\text{CuSO}_4$ ,  $\text{ZnSO}_4$ ,  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{CdSO}_4$  dan dapat mengakumulasi masing-masing logam berat tersebut sebesar 1,50 mg  $\text{CuSO}_4$ , 54,57 mg  $\text{ZnSO}_4$ , 22,29 mg  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ , dan 13,57 mg

$\text{CdSO}_4$ . *Acinetobacter* sp. IrC2 dapat menurunkan 52,98%  $\text{CuSO}_4$ , 21,65%  $\text{ZnSO}_4$ , 72,01% mg  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ , dan 11,56%  $\text{CdSO}_4$ . *Acinetobacter* sp. IrC2 dapat menurunkan 24,30 %  $\text{CuSO}_4$ , 16,38 %  $\text{ZnSO}_4$ , 75,93%  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ , 47,62%  $\text{CdSO}_4$  di dalam medium yang mengandung 1 mM campuran logam berat tersebut<sup>(1)</sup>. Penelitian lain menunjukkan bahwa pengaruh media kultivasi dapat berpengaruh terhadap permukaan sel hidrofobik dan kemampuan koagregasi<sup>(2)</sup>.

Bakteri resisten logam berat dapat diisolasi dari lingkungan yang terkontaminasi logam berat dan sangat potensial diterapkan sebagai agen bioremediasi logam berat<sup>(3)</sup>. Populasi bakteri di daerah yang tercemar logam berat akan mengembangkan suatu proses adaptasi untuk

menjadi resisten terhadap logam berat<sup>(4)</sup>. Salah satu mekanisme resistensi yang dilakukan oleh bakteri terhadap logam berat adalah dengan cara mengakumulasi baik secara aktif (bioakumulasi) maupun secara pasif (biosorpsi) sehingga terjadi penurunan konsentrasi logam berat di lingkungan. Salah satu mekanisme resistensi yang dilakukan oleh bakteri terhadap logam berat adalah dengan cara mengakumulasi baik secara aktif (bioakumulasi) maupun secara pasif (biosorpsi) sehingga terjadi penurunan konsentrasi logam berat di lingkungan<sup>(5)</sup>.

*Seeding* bakteri dan aklimatisasi bakteri dalam bioreaktor merupakan tahap terpenting dalam pengolahan limbah cair. Pada proses *seeding* dan aklimatisasi diperlukan suatu kondisi lingkungan yang mendukung untuk tumbuh dan berkembangnya bakteri *Acinetobacter* sp. IrC2 secara optimal, meliputi kebutuhan sumber karbon, nitrogen dan posfor (100:5:1)<sup>(6)</sup>. Kebutuhan akan sumber karbon, nitrogen dan posfor ini dapat diperoleh dari kandungan organik yang terdapat dalam limbah atau ditambahkan dari luar. Bila bakteri tersebut sudah dapat beradaptasi ditandai dengan tumbuhnya bakteri berupa lapisan biomassa atau biofilm yang melekat pada permukaan media penyangga, dan ditandai dengan terbentuknya gas. Kecepatan pertumbuhan lapisan biofilm pada permukaan penyangga akan bertambah akibat perkembangbiakan yang terus berlanjut sehingga terjadi proses akumulasi lapisan biomassa yang membentuk lapisan lendir (*slime*). Di dalam reaktor, bakteri tumbuh melapisi keseluruhan permukaan media dan pada saat beroperasi air limbah akan mengalir melalui celah-celah media dan berhubungan langsung dengan biofilm bakteri<sup>(7)</sup>.

Pada Penelitian ini sebelum dilakukan proses pengolahan air limbah, terlebih dahulu dilakukan proses inokulasi bakteri *Acinetobacter* sp. IrC2 pada media tumbuh untuk menyiapkan kultur bakteri yang diperlukan dalam proses penyisihan logam timbal dalam air limbah baterai. Dilanjutkan dengan tahapan kultivasi pada bioreaktor lekat diam dan tahap selanjutnya adalah proses penyisihan logam Pb dalam air limbah baterai.

Penelitian ini dilakukan untuk mempelajari karakterisasi bioakumulasi timbal oleh *Acinetobacter* sp. IrC2 dalam menyisihkan kadar timbal pada air limbah baterai yang diolah menggunakan biofilter lekat diam bermedia sarang tawon

## 2. BAHAN DAN METODE

### 2.1 Kultivasi dan Produksi *Acinetobacter* sp. IrC2

Kultivasi dilakukan pada medium Luria-Bertani (LB) yang mengandung (per liter) : tryptone : 10g, yeast extract 5 g, NaCl 10 g, dan glukosa 0,1 g. Medium padat dibuat dengan menambahkan 1,5 % agar bacto. Medium disterilkan dengan menggunakan autoklaf pada suhu 121°C dan tekanan 1 atm selama 15 menit. Stok logam berat terdiri dari: CuSO<sub>4</sub>, Pb(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, CdSO<sub>4</sub>, dan ZnSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O masing-masing dibuat dengan konsentrasi 1 M, sedangkan stok HgCl<sub>2</sub> dibuat dengan konsentrasi 0.25 M. Stok logam berat disterilkan dengan membran filter 0,2 µm dan ditambahkan ke dalam medium LB yang telah disterilkan.

Kultur pemula dibuat dengan menginokulasikan 1 ose biakan agar miring *Acinetobacter* sp. IrC2 ke dalam medium LB cair kemudian diinkubasikan selama 24 jam pada suhu 37°C. Pertumbuhan bakteri diukur berdasarkan kekeruhan sel (Optical Density/OD) yang diukur dengan menggunakan alat spektrofotometer pada panjang gelombang 600 nm. Kultur pemula digunakan apabila telah mencapai fase logaritma dengan kekeruhan sel (OD) = 1.0.

Kultivasi dan produksi bakteri *Acinetobacter* sp. IrC2, disiapkan sebanyak 10% dari kapasitas efektif bioreaktor<sup>(1)</sup>.

### 2.2 Bioreaktor Lekat Diam (*Fixed Bed Reactor*)

Sebelum dilakukan pengolahan air limbah baterai oleh *Acinetobacter* sp. IrC2, beberapa tahap harus dilakukan meliputi: tahap persiapan, tahap pengembang-biakan (*Seeding*) dan aklimatisasi bakteri *Acinetobacter* sp. IrC2 serta tahap pengolahan air limbah baterai menggunakan biofilter lekat diam (*fixed bed reactor*, *FBR*).

#### Tahap Persiapan.

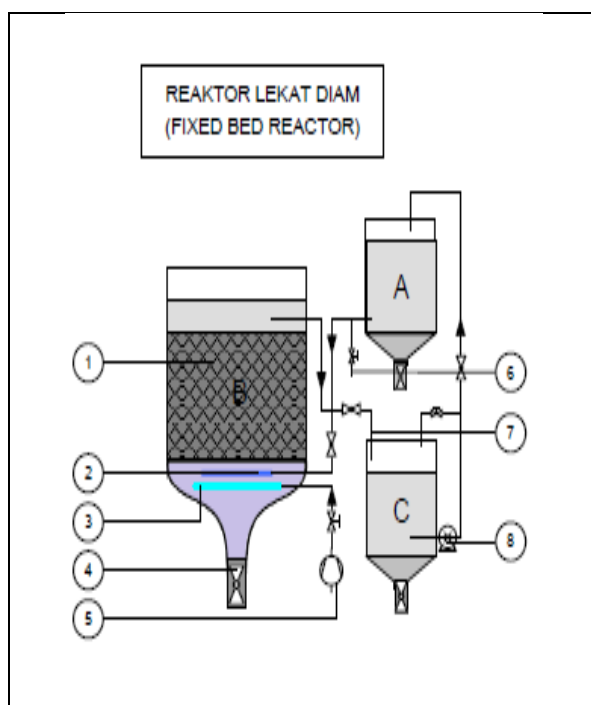
Pada tahap persiapan unit bioreaktor lekat diam dilakukan kegiatan sebagai berikut: pemasangan pompa, aerator dan sarang tawon pada unit bioreaktor, selanjutnya dilakukan uji kebocoran, pengukuran kapasitas efektif bioreaktor. Bioreaktor yang digunakan dalam penelitian penyisihan logam berat memanfaatkan bakteri *Acinetobacter* sp. IrC2, terbuat dari bahan akrilik dan media biofilter yang digunakan adalah media dari bahan plastik PVC tipe sarang tawon dengan spesifikasi seperti pada Tabel 1, Gambar 1. Adapun Bioreaktor lekat diam (FBR) secara skematis dijelaskan pada gambar 1.

Tabel 1. Spesifikasi media penyangga

Tipe	: Sarang Tawon, cross flow
Material	: PVC
Ukuran Modul	: 30 cm x 25 cm x 30 cm
Ukuran lobang	: 2 cm x 2 cm
Ketebalan	: 0,5 mm
Luas spesifik	: $\pm 226 \text{ m}^2/\text{m}^3$
Berat	: 30 – 35 kg/ $\text{m}^3$
Porositas Rongga	: 0,98
Warna	: Bening Transparant



Gambar 1. Sarang Tawon



Keterangan:

A= reaktor umpan, B=bioreaktor lekat diam (FBR), C=reaktor penampung, 1=support material, 2=pipa distribusi air limbah, 3=pipa distribusi udara, 4=valve outlet lumpur, 5=compressor udara, 6=titik sampling air umpan (influent), 7=titik sampling air olahan (effluent), dan 8=pompa sirkulasi.

Gambar 1. Konstruksi Bioreaktor Lekat Diam (Fixed Bed Reactor)

Tahap selanjutnya adalah karakterisasi air limbah yang akan diolah dengan melakukan uji laboratorium meliputi pengukuran pH dengan metoda elektrometri<sup>(7)</sup>, pengukuran Kebutuhan Oksigen Kimiawi (KOK) dengan metode

spektrofotometri UV-Vis<sup>(8)</sup> dan pengukuran logam berat terdiri dari tembaga<sup>(9)</sup>, seng<sup>(10)</sup>, timbal<sup>(11)</sup>, kadmium<sup>(12)</sup> dengan metode spektrofotometri serapan atom.

Kandungan logam berat yang ada dalam air limbah tersebut selanjutnya dijadikan parameter uji untuk memantau penyisihan kandungan logam berat setelah dilakukan proses remediasi oleh bakteri *Acinetobacter* sp. IrC2.

### Tahap pengembang-biakan(Seeding) dan Aklimatisasi bakteri *Acinetobacter* sp. IrC2

Proses *seeding* dilakukan dengan cara mengalirkan air limbah ke dalam reaktor biofilter selama satu minggu dengan waktu tinggal hidrolik (WTH) 2 jam; Selanjutnya air limbah baterai dimasukkan ke dalam bioreaktor secara bertahap.

Tahap pertama air limbah dimasukkan ke dalam bioreaktor sebanyak 10% (V/V), selanjutnya dilakukan pemantauan terhadap penyisihan Kebutuhan Oksigen Kimiawi (KOK) air limbah, bila penyisihan KOKnya lebih dari 50%, selanjutnya penambahan air limbah dinaikkan menjadi 50% (V/V). Penambahan air limbah dilakukan 100% bila telah terjadi penyisihan KOK pada hari berikutnya.

Proses aklimatisasi dilakukan untuk mendapatkan suatu kultur bakteri yang stabil dan dapat beradaptasi dengan air limbah yang telah disiapkan. Selama masa aklimatisasi kondisi dalam reaktor dibuat tetap aerob dengan menjaga *supply* oksigen yang cukup. Aliran udara berasal dari pompa yang disebarkan (*spray aerator*), penambahan udara dilakukan agar proses oksidasinya dapat berjalan dengan sempurna. Media penyangga disiapkan sebagai tempat tumbuh dan melekatnya *Acinetobacter* sp. IrC2.

### Tahap Pengolahan air limbah dengan biofilter lekat diam (fixed bed reactor, FBR)

Pada percobaan ini, bioreaktor dioperasikan dengan cara resirkulasi dengan waktu tinggal hidrolik selama 2 jam. Pada proses pengolahan air limbah baterai dilakukan pengamatan terhadap pH dan kadar timbal.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengolahan limbah secara biologis merupakan salah satu cara penyisihan substrat tertentu yang terkandung dalam limbah cair dengan memanfaatkan aktivitas mikroorganisme untuk melakukan perombakan substrat tersebut.

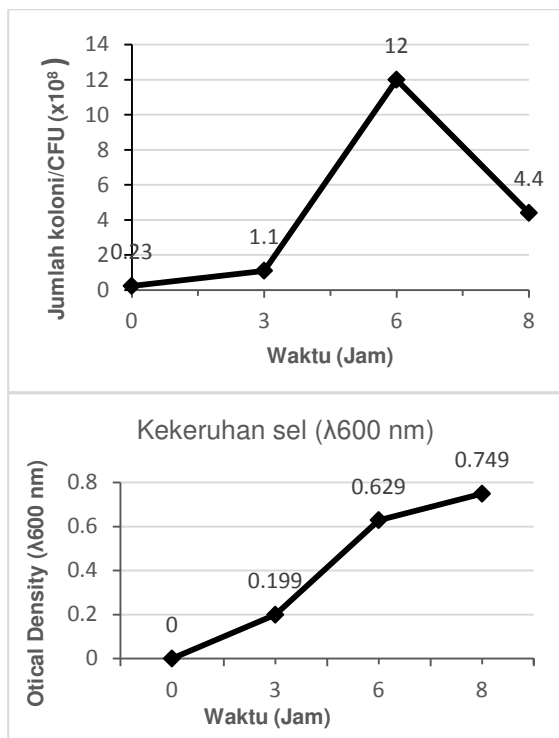
Pengolahan limbah cair secara biologis, secara umum dapat dibedakan menjadi tiga, yaitu proses biologis dengan biakan tersuspensi

(*suspended culture*), biakan melekat (*attached culture*) dan dengan system kolam (*lagoon*)<sup>(13)</sup>.

### 3.1 Peranan *Acinetobacter* sp. IrC2 sebagai bioakumulator logam berat dalam bioreaktor limbah cair

#### Persiapan kultur.

Kultur bakteri yang dibutuhkan sebagai inokulan bioreaktor adalah dengan populasi sebesar  $10^8$  jumlah sel yang hidup sehingga dibuat kurva hubungan antara kekeruhan sel (Optical Density/OD) dengan jumlah sel yang hidup (CFU/Colony Form Unit). Kurva hubungan antara kekeruhan sel dan jumlah koloni yang hidup dapat dilihat pada gambar 2. Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan diketahui bahwa waktu terbaik pemanenan bakteri yang akan digunakan sebagai inokulan terjadi pada saat pertumbuhan pada jam ke-6. Pada saat tersebut bakteri mencapai OD = 0.6 dengan jumlah koloni  $12 \times 10^8$ . Selanjutnya kultur inokulan bioeaktor selalu dipanen pada jam ke-6 dengan OD sekitar 0.6 karena pada saat itu bakteri mengalami pertumbuhan yang paling baik.



Gambar 2. Kurva pertumbuhan bakteri yang diukur dengan mengamati kekeruhan sel dan pembentukan koloni pada medium agar.

### 3.1 Pengaruh pH terhadap Populasi Bakteri *Acinetobacter* sp. IrC2

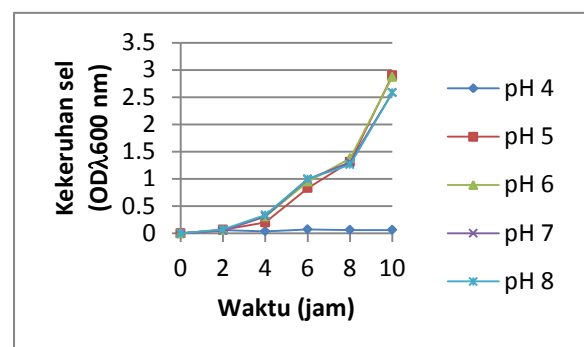
Pertumbuhan bakteri merupakan salah satu faktor yang harus diperhatikan dalam proses

pengolahan limbah. Salah satu faktor yang berpengaruh terhadap pertumbuhan bakteri adalah pH.

Pengaruh pH terhadap pertumbuhan bakteri ini berkaitan dengan aktivitas enzim. Enzim ini dibutuhkan oleh beberapa bakteri untuk mengkatalis reaksi-reaksi yang berhubungan dengan pertumbuhan bakteri. Apabila pH dalam suatu medium atau lingkungan tidak optimal maka akan mengganggu kerja enzim-enzim tersebut dan akhirnya mengganggu pertumbuhan bakteri itu sendiri<sup>(14)</sup>. Nilai pH merupakan faktor yang mempengaruhi aktivitas enzim, dimana aktivitas enzim ini akan maksimum pada kondisi pH optimum.

Bila pH lingkungan tidak sesuai untuk aktivitas enzim secara optimal, maka bakteri tidak dapat melakukan metabolisme dengan baik. Akibatnya bakteri tidak dapat tumbuh dengan optimal. Berdasarkan pH, bakteri dikelompokkan menjadi golongan asidofil (bakteri yang tumbuh dengan baik pada pH asam), netral (bakteri yang tumbuh dengan baik pada pH netral) dan alkalifil (bakteri yang tumbuh dengan baik pada pH basa). Kisaran pH untuk pertumbuhan setiap kelompok bakteri sangat bervariasi. Beberapa bakteri mampu tumbuh pada kisaran pH yang lebar. Pada penelitian ini, dilakukan pengamatan terhadap pengaruh pH dengan rentang 4-8 terhadap laju pertumbuhan bakteri *Acinetobacter* sp. IrC2

Hasil penelitian menunjukkan bahwa laju pertumbuhan *Acinetobacter* sp. IrC2 dipengaruhi oleh nilai pH dari medium. Hasil uji pH optimum yang memungkinkan pertumbuhan bakteri dapat tumbuh dengan baik pada kisaran pH 5 – pH 8 sehingga apabila pH limbah terdapat pada kisaran tersebut berarti isolat bakteri dapat tumbuh dengan baik sedangkan pada pH 4 *Acinetobacter* sp. IrC2 tidak memperlihatkan aktivitas pertumbuhan (gambar 3).



Gambar 3. Pengaruh pH terhadap pertumbuhan bakteri

### 3.2 Inokulasi Bakteri ke dalam Bioreaktor.

Bioreaktor adalah suatu alat pengolahan limbah secara biologis dengan menggunakan

suatu media penyangga (*support material*) yang berfungsi sebagai tempat pertumbuhan bakteri. Pertumbuhan bakteri ditandai dengan terbentuknya lapisan biofilm pada permukaan media penyangga. Reaktor dengan sistem pertumbuhan melekat diciptakan agar mendapatkan konsentrasi bakteri yang tinggi. Material penyangga dapat dibuat dari berbagai bahan yang tidak terdegradasi seperti plastik, keramik, tanah liat, batu apung, atau ijuk<sup>(15)</sup>.

Pada saat baru dipasang, media biofilter belum tampak adanya bakteri yang menempel pada permukaan media sarang tawon. Setelah proses pengembangbiakan (*seeding*) bakteri *Acinetobacter* sp. IrC2 berjalan selama seminggu tampak tumbuh lapisan yang melekat pada permukaan media zona aerob yaitu terbentuknya lapisan tipis berwarna kecoklat-coklatan. Inokulasi dilakukan dengan menambahkan 10% kultur bakteri ke dalam bioreaktor yang berisi limbah (Gambar 4).



Gambar 4. Seeding bakteri hari ke-7, tampak terbentuk lapisan berwarna kecoklat-coklatan.

Dalam proses pengembangbiakan (*seeding*) bakteri *Acinetobacter* sp. IrC2 dilakukan dengan penambahan sumber karbon menggunakan molase 3%. Pemanfaatan molase sebagai substrat dan media tumbuh yang baik untuk bakteri disebabkan karena molase merupakan sumber karbon, nitrogen juga vitamin

dan elemen yang dimanfaatkan sebagai substrat yang murah<sup>(16,17)</sup>.

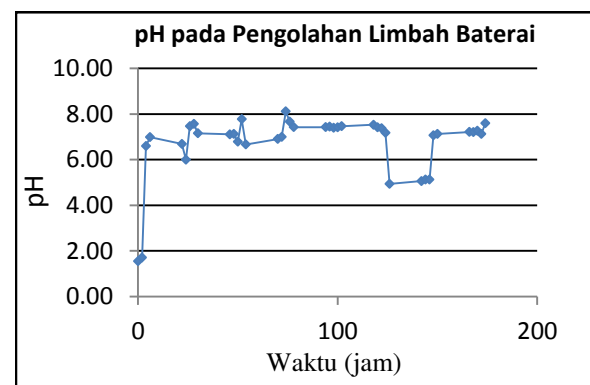
Tabel 2. Komposisi kimia molase<sup>(16)</sup>

Kandungan kimia	Berat/gram
Sukrosa	33,4
Gula invert	21,2
Nitrogen	19,6
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,4-1,5
Kalsium oksida	0,6-2,0
MgO	0,1-1,1
K <sub>2</sub> O	0,03 – 0,1
Abu	7 – 11
Berat kering	77 -84
Thiamin	830 mg/100 g
Riboflavin	250 mg/100 g
Piridoksin	650 mg/100 g
Niacin Amida	2100 mg/100 g
Asam pantotenat	2140 mg/100 g
Asam folat	3,8 mg/ 100 g
Biotin	120,0 mg/100g

Dari hasil *seeding* bakteri tersebut, tampak bakteri *Acinetobacter* sp. IrC2 dapat beradaptasi dengan limbah *artificial* yang telah diberi umpan air limbah sebanyak 10%, dengan indikasi terbentuknya biosurfaktan berupa buih yang dihasilkan dari proses aktivitas bakteri *Acinetobacter* sp. IrC2.

Selain kebutuhan nutrisi dipantau juga terhadap nilai pH air limbah, karena pH yang terlalu asam maupun basa akan berpengaruh terhadap pertumbuhan maupun aktivitas bakteri.

pH limbah baterai awal mempunyai sifat asam yang ditunjukkan dengan nilai pH yang rendah yaitu sebesar 1,55. Agar bakteri dapat tumbuh dan bekerja dengan baik perlu dilakukan netralisasi dengan larutan basa. Pada penelitian untuk menaikkan pH air limbah dilakukan penambahan dengan Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 1N. Berikut grafik pemantauan pH selama proses pengolahan limbah baterai.



Gambar 6. Grafik pH air limbah selama proses pengolahan limbah baterai pada berbagai waktu



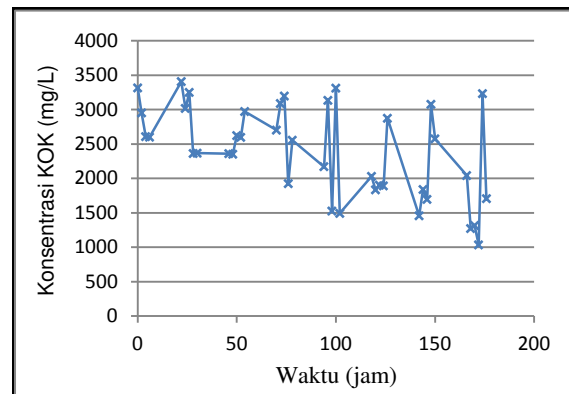
### 3.3 Pengolahan Limbah baterai menggunakan bioreaktor lekat diam (*Fixed Bed Reactor*)

Penelitian sebelumnya terkait pengolahan limbah dalam menghilangkan timbal menggunakan bioreaktor lekat diam telah dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya seperti Kumar dan Acharya menggunakan sekam padi yang diperkaya dengan natrium karbonat (NCRH) <sup>(18)</sup>. Dari hasil kajiannya terhadap kinerja adsorben (NCRH) dalam menghilangkan timbal, ditemukan bahwa bahan adsorben tersebut merupakan media yang efektif untuk menghilangkan timbal secara kontinyu menggunakan bioreaktor lekat diam.

Nwabanne dan Igbokwe, mengkaji kinerja adsorpsi bioreaktor lekat diam untuk menghilangkan Pb(II) menggunakan sabut kelapa sawit <sup>(19)</sup>, mereka mempelajari pengaruh parameter penting seperti konsentrasi inlet, laju alir dan tinggi kolom terhadap kurva terobosan dan kinerja adsorpsi. Diamati bahwa tinggi kolom sangat berpengaruh terhadap kinerja adsorpsi terhadap timbal.

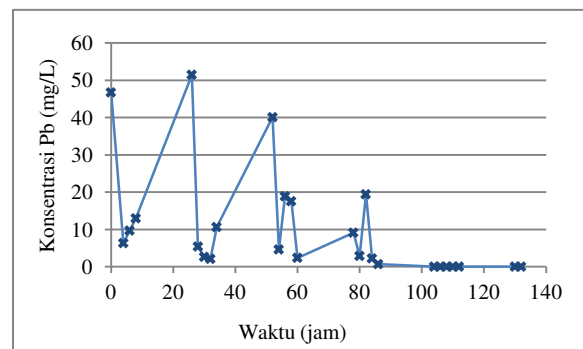
Pada penelitian ini untuk melihat kinerja bakteri *Acinetobacter* sp. IrC2 dalam bioreaktor lekat diam menggunakan media dari bahan plastik PVC tipe sarang tawon, pemantauan dilakukan terhadap menurunnya nilai KOK sebelum dan sesudah proses pengolahan. Bila terjadi penurunan pada nilai KOK, ini menunjukkan bahwa terjadi aktivitas bakteri dalam mendegradasi limbah organik yang ada dalam limbah, sedangkan bila proses degradasi tidak terjadi menunjukkan bahwa *Acinetobacter* sp. IrC2 tidak mampu beradaptasi dan mendegradasi limbah tersebut.

Dari hasil pengamatan yang dilakukan terjadi pola yang berfluktuasi terhadap penyisihan nilai KOK, hal ini terjadi karena penambahan beban organik pada pengolahan air limbah disebabkan adanya fase kematian pada siklus kehidupan bakteri sehingga meningkatkan kandungan organik di dalam limbah tersebut. Selain terjadinya fase kematian, bakteri juga mengalami fase pertumbuhan, yang menyebabkan jumlah populasi bakteri dalam air limbah bertambah dan mampu meningkatkan proses degradasi organik yang ditunjukkan dengan terjadinya penurunan nilai KOK dalam bioreaktor. Berikut grafik penyisihan KOK (mg/L) yang diukur pada waktu yang telah ditetapkan, yaitu jam 08.05; 10.05; 12.05; 14.05 dan 16.05 (Gambar 7).



Gambar 7. Grafik kompilasi penyisihan KOK (mg/L) pengolahan limbah baterai menggunakan bioreaktor lekat diam (*Fixed Bed Reactor*)

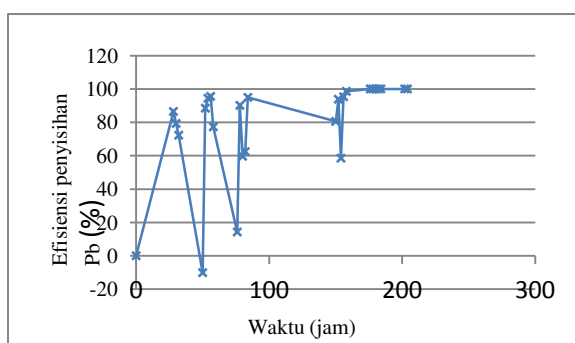
Ketika derajat pertumbuhan bakteri telah menghasilkan populasi yang maksimum, maka akan terjadi keseimbangan antara jumlah sel yang mati dan jumlah sel yang hidup. Fase stasioner terjadi pada saat laju pertumbuhan bakteri sama dengan laju kematiannya, sehingga jumlah bakteri keseluruhan bakteri akan tetap. Keseimbangan jumlah keseluruhan bakteri ini terjadi karena adanya pengurangan derajat pembelahan sel. Hal ini disebabkan oleh kadar nutrisi yang berkurang dan terjadi akumulasi produk toksik sehingga mengganggu pembelahan sel. Fase kematian yang ditandai dengan peningkatan laju kematian yang melampaui laju pertumbuhan, sehingga secara keseluruhan terjadi penurunan populasi bakteri <sup>(20)</sup>.



Gambar 8. Grafik penyisihan Pb (mg/L) pada pengolahan limbah baterai menggunakan bioreaktor lekat diam (*Fixed Bed Reactor*)

Pada pengolahan limbah baterai menggunakan bioreaktor lekat diam (*Fixed Bed Reactor*) selama 8 hari, terjadi fluktuasi proses penyisihan logam timbal dalam air limbah oleh *Acinetobacter* sp. IrC2. Proses penyisihan logam timbal secara signifikan terjadi pada jam ke-28, penyisihan timbal mencapai 86,5 %; Proses penyisihan timbal mengalami penurunan kembali sampai pada jam ke-50, dan mengalami

kenaikan kembali penyisihannya pada jam ke-56 sebesar 95,5% menjadi 2,08 mg/L. Peningkatan kembali konsentrasi logam timbal di dalam air olahan terjadi pada jam ke-58 menjadi 10,62 mg/L (77,3%) dan pada jam ke 76 terjadi peningkatan logam timbal 40,08 mg/L (14,2%). Pada jam ke-78 penyisihan logam timbal terjadi kembali menjadi 4,6 mg/L (90,2%), dan pada jam ke-80 terjadi peningkatan kembali konsentrasi logam timbal menjadi 18,87 mg/L (59,6%), peningkatan efisiensi meningkat kembali sampai jam ke 84 yaitu menjadi 2,36 mg/L dan jam ke 176 konsentrasi logam Pb dalam air olahan limbah baterai dalam bioreaktor mampu menyisihkan Pb menjadi < 0,01 mg/L (Gambar 8).



Gambar 9. Grafik Efisiensi penyisihan Pb (%) pada pengolahan limbah baterai menggunakan bioreaktor lekat diam (*Fixed Bed Reactor*).

### 3. KESIMPULAN

*Acinetobacter* sp. IrC2 yang ditumbuhkan pada biofilter lekat diam bermedia sarang tawon mampu menyisihkan timbal terlarut dalam limbah baterai. Fluktuasi proses penyisihan kadar timbal dalam air limbah oleh *Acinetobacter* sp. IrC2 terjadi selama proses bioakumulasi timbal selama 8 hari

Proses penyisihan logam timbal terjadi pada jam ke-28 adalah sebesar 86,5% (6,31 mg/L), dan efisiensi penyisihan meningkat pada jam ke-56 menjadi 95,5% (2,08 mg/L), dan pada jam ke-176 kadar timbal dalam air olahan limbah baterai dalam bioreaktor menjadi < 0,01 mg/L.

### PERSANTUNAN

Penelitian ini didanai oleh Kemenristek-Dikti dalam Proyek Hibah Bersaing 2015. Ucapan terima kasih disampaikan kepada Bapak Arie Herlambang yang telah mendukung terlaksananya kegiatan penelitian ini juga kepada Bapak Suherman, Bapak Fajar dan Bapak Sopyan yang telah membantu terlaksananya penelitian ini serta Universitas Pelita Harapan atas kerjasama Penelitian yang telah dirintis selama ini.

### DAFTAR PUSTAKA

1. Irawati, W., L.: Kusumawati, N. Sopiah, (2015), The Potency of *Acinetobacter* sp. IrC2 Isolated from Industrial Wastewater Treatment Plant in Rungkut-Surabaya As a Bioremediation Agent for Heavy Metals, *Asian Journal of Microbiology, Biotechnology & Environmental Science* 17(2): 357-363
2. Malik A., P. Kimchhayarasy., S. Takanori, O. Masamitsu, K. Kazuo, (2004), Effect of cultivation time and growth medium on the coaggregation capability of *Acinetobacter johnsonii* S35, *World Journal of Microbiology and Biotechnology* 20:781-786
3. Zeyaulah M.D., B. Isla, A. Ali, (2010). Isolation, identification, and PCR amplification of *merA* gene from highly mercury polluted Yamuna River. *Afr J of Biotechnol.* 9: 3510-3515.
4. Leung W.C, H. Chua, W. Lo, (2001), Biosorption of Heavy Metals by Bacteria Isolated from Activated Sludge. *Appl Biochem Biotech.* 91-93: 171-84
5. Johncy M, B. Hemambika, J. Hemapriya, and V. Ajesh-Kannan., (2010), Comparative Assessment of Heavy Metal Removal by immobilized and dead bacterial cells: A biosorption approach. *Afr J of Environ Sci and Tech.* 4: 077-083.
6. Benefield, L.D and C.W. Randall, (1980), Biological process Design for Wastewater Treatment. Prentice Hall Inc., Englewood Cliffs
7. Anonim, (2004), Air dan air limbah – Bagian 11: Cara uji derajat keasaman (pH) dengan menggunakan alat pH meter, SNI 6989.11: 2004
8. Anonim, (2009), Air dan air limbah – Bagian 2: Cara uji Kebutuhan Oksigen Kimiawi (Chemical Oxygen Demand, COD) dengan refluks tertutup secara spektrofotometri, SNI 6989.2: 2009
9. Anonim, (2009), Air dan air limbah – Bagian 6: Cara uji tembaga (Cu) secara Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) – nyata, SNI 6989.6: 2009
10. Anonim, (2009), Air dan air limbah – Bagian 7: Cara uji seng (Zn) secara Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) – nyata, SNI 6989.7: 2009
11. Anonim, (2009), Air dan air limbah – Bagian 8: Cara uji timbal (Pb) secara Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) – nyata, SNI 6989.8: 2009

12. Anonim, (2009), Air dan air limbah – Bagian 16: Cara uji cadmium (Cd) secara Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) – nyal, SNI 6989.16: 2009
13. Said, N.I. dan Firly, (2005), Uji Performance Biofilter Anaerobik Unggun Tetap Menggunakan Media Biofilter Sarang Tawon untuk Pengolahan Air Limbah Rumah Potong Ayam, *JAI* 1(3):289-303
14. Sanita S, Soemarno, Suharjono, (2013), Pengaruh Suhu dan pH terhadap Laju pertumbuhan Lima Isolat Bakteri Anggota Genus *Pseudomonas* yang diisolasi dari Ekosistem Sungai Tercemar Deterjen di sekitar Kampus Universitas Brawijaya, *J-PAL*. 3(2):58-62
15. Titiresmi, N. Sopiah, (2006). Teknologi biofilter untuk pengolahan limbah ammonia. *J. Tek Ling* 7(2): 173-179.
16. Michail K. M., G. T. Athanasia, S.A. Christos, C. Sandra, P. tavros, and V.V. Dimitrios, (2015), Molasses as an efficient low-cost carbon source for biological Cr(VI) removal, *Journal of Hazardous Materials* 281: 95–105
17. Reddy, S.M., Reddy, S. Ram, and Babu, G. Narendra., (2012), *Basic Industrial Biotechnology*. Daryaganj, IND: New Age International, ProQuest ebrary. Web. 25 February 2016.
18. Brooks G F, et.al., (2001). *Jawetz, Melnick, & Adelberg's Medical Microbiology*. 22<sup>th</sup> Ed. New York: Lange Medical Books.
19. 17 Kulkarni, S.J and J.P. Kaware., (2014), Fixed Bed Removal of Heavy Metal-a Review, *International Journal of Research (IJR)*.1:861-171
20. 18. Nwabanne, J. T. and P.K., Igbokwe, (2012), Adsorption Performance of Packed Bed Column for the removal of Lead (II) using oil Palm Fibre, *International Journal of Applied Science and Technology*, 2(5):108-117.
21. 19. Christian T-C., F. Henri, P. Catherine, Yuh-Shan Ho, (2005), Removal of lead (II) ions from synthetic and real effluents using immobilized *Pinus sylvestris* sawdust: Adsorption on a fixed-bed column, *Journal of Hazardous Materials*, B (123):135–144.
22. Brooks G F, et.al., (2001). *Jawetz, Melnick, & Adelberg's Medical Microbiology*. 22<sup>th</sup> Ed. New York: Lange Medical Books.